

적층 선형 초음파 모터의 유한요소 시뮬레이션

이상호, 이갑수, 류주현, 홍재일*, 정영호**
 세명대학교, 동서울대학*, 한전전력공사**

Finite Element Simulation of Multilayer Ultrasonic Linear Motor

Sangho Lee, Gabsoo Lee, Juhyun Yoo, Jaeil Hong* and Youngho Jeong**
 Semyung Univ., Dongseoul Coll.*, KEPCO.**

Abstract : In this study, multilayer structured ultrasonic linear motor was designed and simulated using ANSYS of finite element method simulator for investigating the optimum conditions of it. The ultrasonic linear motor studied in this paper designed using the 1st longitudinal(L₁) and 4th bending vibration(B₄). The driving voltage of the motor was very low as $V_1 = 5\sqrt{2} \sin \omega t$ and $V_2 = 5\sqrt{2} \cos \omega t$. With the increase of the number of piezoelectric ceramic layers, displacement of node was increased. Maximum z displacement of node was about 12 μ m at the 18 layered ultrasonic motor.

Key Words : multilayer ultrasonic motor, ANSYS, finite element method, L₁-B₄

1. 서론

전자제품의 발전과 압전세라믹스 기술발전에 힘입어 초음파 모터에 대한 연구는 빠르게 진행되고 있다. 전자기적 원리로 동작하는 기존의 모터에 비해 압전세라믹스를 적용한 초음파 모터는 전자기적 영향을 받지 않으며, 저속에서 큰 구동력을 가지며, 소형 및 경량화가 가능한 장점 등으로 인해 그 응용분야가 점차 확대되고 있다[1]. 또한 구조가 간단하고 μ 단위 까지 정밀제어가 가능하기 때문에 X-Y stage, 소형로봇, 카메라 렌즈 등에 적용하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 초음파 모터의 원리는 X축과 Y축에서(수평과 수직방향) 타원형의 운동을 형성하는 것이다[2]. 따라서 선택된 타원형의 모양에 따라 모터의 형상이 달라진다. 적층형 압전세라믹스는 단판형 압전세라믹스에 비해 입력임피던스를 낮추어 낮은 구동전압에서도 구동이 가능하며, 큰 변위와 토크를 발생시킬 수 있는 소자이다.

따라서 본 연구에서는 적층형 선형 초음파 모터를 개발하기 위해 유한요소 시뮬레이션 프로그램인 ANSYS를 사용하여 적층형 세라믹스의 층수를 변수로 두어 L₁-B₄ 모드로 선형모터를 설계하고자 한다.

2. 실험

그림 1에 선형모터의 형상과 적층형 압전 세라믹스의 모델을 나타내었다.

적층형 압전 세라믹스의 한 층의 두께는 60 μ m이며, 층수를 3, 6, 9, 12, 15, 18층으로 변화를 주어 시뮬레이션 하였다. 표 1에 시뮬레이션에 사용된 시편의 물성을 나타내었다.

적층형 압전세라믹스를 시뮬레이션하기위해 가해진 전압은 다음과 같다.

$$V_1 = 5\sqrt{2} \cos \omega t, V_2 = 5\sqrt{2} \sin \omega t, \omega = 2\pi f$$

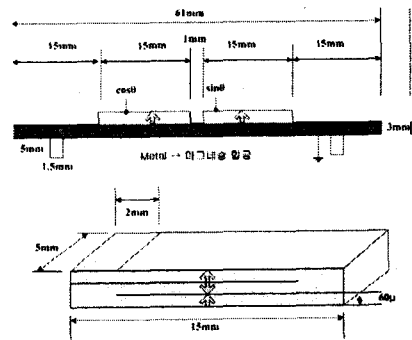


그림 1. 선형모터 및 적층형 압전 세라믹스 모델

표 1. 시뮬레이션에 적용된 재료 정수.

재료	항목	정수
PNW-PMN-PZT	ρ (kg/m ³)	7700
	K_{33}^T	1680
	K_{11}^T	1450
	C_{11}^E (10 ¹⁰ N/m ²)	14.28
	C_{12}^E (10 ¹⁰ N/m ²)	7.74
	C_{13}^E (10 ¹⁰ N/m ²)	7.67
	C_{33}^E (10 ¹⁰ N/m ²)	12.54
	C_{44}^E (10 ¹⁰ N/m ²)	2.95
	C_{66}^E (10 ¹⁰ N/m ²)	3.27
	e_{31} (C/m ²)	-6.26
	e_{33} (C/m ²)	17.24
	e_{15} (C/m ²)	7.72
Mg	ρ (kg/m ³)	1740
	영률 E(N/m ²)	4.47×10^{10}
	G(N/m ²)	1.73×10^{10}

3. 결과 및 고찰

그림 2에 18층으로 적층한 리니어 모터의 임피던스 특성 곡선을 시뮬레이션하여 나타내었다. 36kHz의 주파수에서 공진주파수를 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

그림 3은 리니어 모터의 적층 수에 따른 타원 변위계적

인데 우측노드는 +기울기를 좌측노드는 -기울기를 나타내었다.

그림 4는 18층 적층한 선형모터의 타원 변위궤적을 나타내었다. 그림 3과 4에서 적층수가 많을수록 변위가 커지는 것을 확인할 수 있다. 즉 변위와 적층수가 비례함을 알 수 있다. 18층 적층된 모터의 경우 $5V_{rms}$ 의 낮은 전압

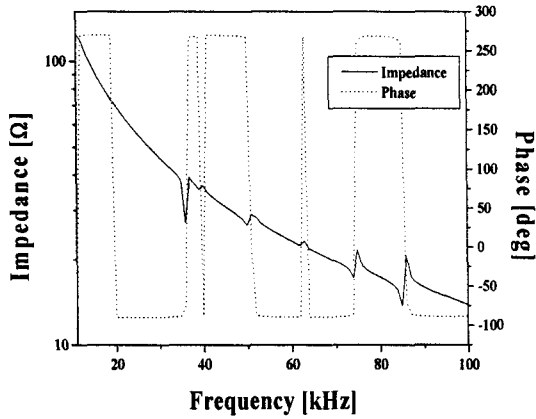


그림 2. 18층 압전세라믹스의 임피던스 특성곡선

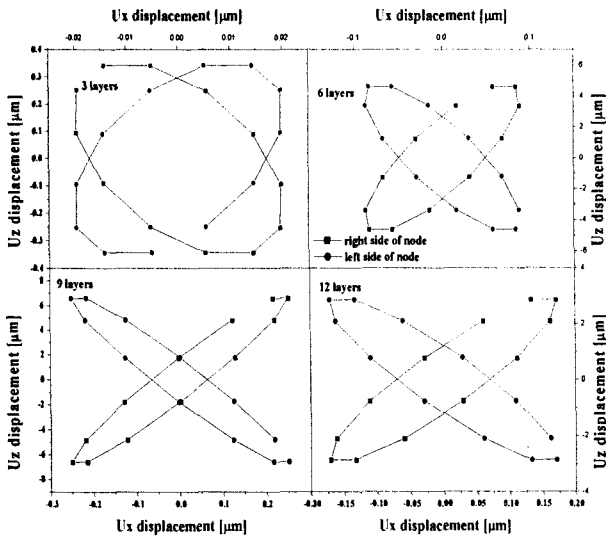


그림 3. 적층 수에 따른 타원 변위궤적

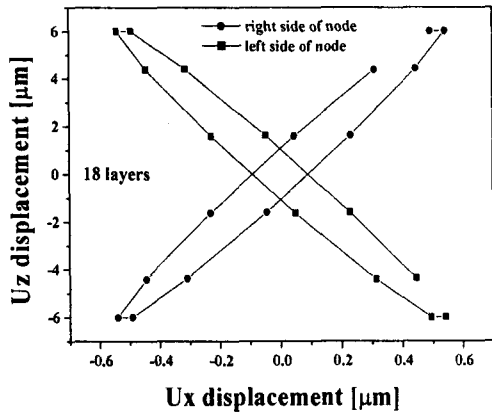


그림 4. 18층 적층 선형모터의 타원 변위

에서 z 방향으로 약 $12\mu m$ 의 변위량을 얻을 수 있었다.

그림 5는 18층 적층한 선형모터의 Z방향 변위 및 굽곡진동모드를 나타내었다.

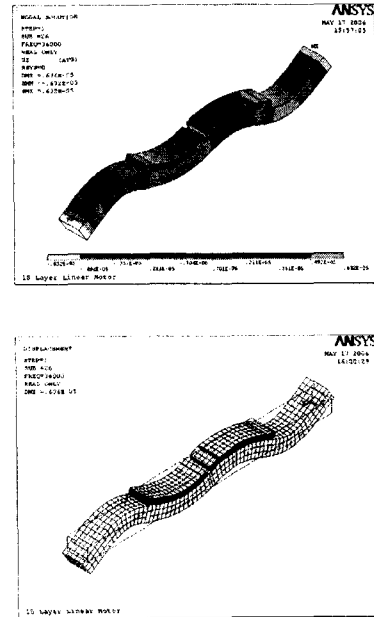


그림 5. 18층 적층 선형모터의 변위 및 굽곡진동모드

4. 결론

본 연구에서는 적층형 초음파 선형모터를 개발하기 위해 유한요소 시뮬레이션 프로그램인 ANSYS를 사용하여 적층형 세라믹스의 층수를 변수로 두어 L₁-B₄ 모드로 선형모터를 시뮬레이션 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 적층수가 증가할수록 변위량이 증가하였다.
2. 적층수에 관계없이 모든 세라믹스의 변위는 타원궤적을 형성하는 것을 확인 하였다.
3. 18층 적층 시 z방향으로 약 $12\mu m$ 의 변위량을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 학술진흥재단 선도연구자지원사업 (과제번호 : KRF-2005-041-D003707)의 연구비로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 박태근, 김명호, "압전세라믹 리니어 모터의 동작 원리와 응용", 전기전자재료 학회지, 14권 4호, p. 8, 2001년.
- [2] 김태열, 김범진, 박태근, 김명호, Kenji Uchino, "L₁-B₄ 샌드위치형 진동자를 이용한 선형 초음파 모터의 설계 및 특성", 전기전자재료학회 논문지, 13권 12호, p. 1025, 2000년.